

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт динамики геосфер Российской академии наук
(ИДГ РАН)**



УТВЕРЖДАЮ:

Врио директора ИДГ РАН

Ю.И. Зецер

« 19 » 09 2014 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ**

«Современные методы решения уравнений в частных производных»

Направление подготовки

05.06.01 НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Профиль (направленность программы)

25.00.29 Физика атмосферы и гидросферы

Квалификация выпускника

Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения

Очная

Вид промежуточного контроля: зачет

Москва, 2014

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

ВО – высшее образование;

УК – универсальные компетенции;

ОПК – общепрофессиональные компетенции;

ПК – профессиональные компетенции;

ФГОС ВО – федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования

ООП – основная образовательная программа

ЛЗ – лекционное занятие

С – семинары

К – контроль (промежуточная аттестация)

СР – самостоятельная работа обучающихся

О – опрос (собеседование)

ФОС – фонд оценочных средств

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи освоения дисциплины.....	4
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы.....	4
3. Требования к результатам освоения дисциплины.....	4
4. Структура и содержание дисциплины.....	5
4.1. Структура дисциплины.....	5
4.2. Содержание разделов дисциплины	5
4.3. Тематика аудиторных занятий.....	6
5. Текущая и промежуточная аттестация.....	7
6. Образовательные технологии.....	8
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	8
7.1. Основная литература.....	8
7.2. Дополнительная литература.....	8
7.3. Электронные ресурсы	8
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	9

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины - приобретение комплекса знаний по современным численным методам решения уравнений в частных производных, применительно к задачам, возникающим в физике атмосферы и гидросферы..

Для достижения поставленной цели в процессе изучения дисциплины решаются следующие задачи:

- изучение методов взвешенных невязок;
- изучение метода конечных элементов;
- изучение методов аппроксимации уравнений, критериев устойчивости и сходимости;
- освоение современных систем компьютерных вычислений PETSc, SUNDIALS, OpenFOAM;
- освоение навыками вычислений на многопроцессорном кластере под ОС UNIX.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре основной образовательной программы

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору вариативной части блока 1 программы аспирантуры и преподается аспирантам второго года обучения.

Трудоёмкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единиц (з.е.) или 108 академических часов, в том числе 50 часов аудиторных занятий и 58 часов самостоятельной работы.

Содержание программы «Современные методы решения уравнений в частных производных» разработано с учетом требований ФГОС ВО по направлению подготовки 05.06.01 НАУКИ О ЗЕМЛЕ, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 г. № 870, зарегистрировано в Минюсте России 20 августа 2014 г. № 33680.

Дисциплина предназначена для подготовки аспирантов и имеет практико-ориентированный характер.

Для изучения дисциплины аспиранту необходимо иметь знания в объеме программ подготовки специалиста в области математики, физики, электродинамики сплошных сред, гидродинамики, термодинамики, численных методов.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины «Современные методы решения уравнений в частных производных» направлен на формирование следующих компетенций:

а) универсальных (УК)

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);

б) общепрофессиональных (ОПК)

- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области физики атмосферы и гидросферы с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);

в) профессиональных (ПК)

- знать принципы применения методов взвешенных невязок для решения уравнений в частных производных (ПК-1);
- способность выполнять численное решение уравнений в частных производных в современных системах численных расчетов (ПК-2);
- владеть навыками работы на многопроцессорных вычислительных системах и программными средствами визуализации результатов расчетов (ПК-3);

В результате освоения дисциплины аспиранты будут

знать:

Основные положения метода взвешенных невязок. Метод Галеркина с конечными элементами. Виды конечных элементов (скалярные и векторные). Методы аппроксимации уравнений в регулярных и нерегулярных областях. Способы линеаризации систем разностных уравнений. Алгоритмы адаптации во времени. Энергетические критерии сходимости решения. Критерии устойчивости.

уметь:

Строить геометрию расчетной области, с учетом симметрий задачи. Задавать параметры, константы, внешние функции, записывать уравнения и граничные условия в векторно-поточковой форме. Выбирать подходящий алгоритм решения систем линейных уравнений и адаптации во времени.

владеть:

Языками программирования FORTRAN или C; интерфейсами к современным пакетам вычислений, навыками работы на многопроцессорном кластере под ОС UNIX; приемами работы с данными в форматах NetCDF и HDF5; средствами визуализации NCL

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины «Современные методы решения уравнений в частных производных» составляет 3 зачетных единиц, 108 академических часов, из которых аудиторная нагрузка составляет 50 часов (лекции - 24 часа, семинары - 24 часа, контроль - 2), самостоятельная работа обучающихся – 58 часов.

4.1. Структура дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы	Трудоемкость (ак. час)
Аудиторные занятия, в том числе:	50
Лекционные занятия (ЛЗ)	24
Семинары (С)	24
Контроль (промежуточная аттестация) (К)	2
Самостоятельная работа (СР)	58
Всего:	108

4.2. Содержание разделов дисциплины

Таблица 2

№ п/п	Раздел дисциплины	Трудоемкость (ак. час)			
		всего	очная форма обучения		
			ЛЗ	С	СР
1	2	3	4	5	6
1	Методы взвешенных невязок	34	8	8	18
2	Алгоритмы линейной алгебры	34	8	8	20
3	Численное решение уравнений в частных производных	36	8	8	20
	Контроль (промежуточная аттестация)	4			
Итого:		108	24	24	58

4.3. Тематика аудиторных занятий

Тематика лекционных занятий

Таблица 3

№ раздела	№ лекции	Основное содержание	Кол-во (ак. час)	Литература	Форма текущей аттестации*
1	1	Уравнения в частных производных в физике атмосферы и гидросферы	2	О1; Д1	О
	2	Традиционные методы взвешенных невязок	4	О1; О3	О
	3	Методы взвешенных невязок с конечными элементами	2	О1; Д1	О
2	4	Современные методы решения ленточных систем линейных уравнений	2	О2; О3; Д3; Д4	О
	5	Итерационные методы решения систем линейных уравнений	2	О2; О3; Д3; Д4	О
	6	Решение систем линейных уравнений на параллельных ЭВМ	4	О2; Д3; Д4	О
3	7	Решение стационарных систем уравнений в частных производных в системе PETSc, SUNDIALS	4	Э1; Э2	О
	8	Решение нестационарных систем уравнений в частных производных в системе PETSc	2	Э2	О
	9	Решение задач в системе OpenFOAM	2	Э3	О
Итого:			24		

* Примечание: О – опрос (собеседование). Формы контроля не являются жесткими и могут быть заменены преподавателем на другую форму контроля в зависимости от контингента обучающихся. Кроме того на семинарских занятиях может проводиться работа с нормативными документами, периодическими изданиями специальной российской и зарубежной литературы, материалами конференций и пр., что также оценивается преподавателем.

Тематика семинарских занятий

Таблица 4

№ раздела	№ занятия	Наименование	Кол-во (ак. час)	Литература
1	1	Решение уравнения Бюргерса методом моментов	4	О1
	2	Решение задачи на собственные значения спектральным методом	4	О1
2	1	Решение трехдиагональной системы методом циклической редукции в последовательном варианте.	4	О3; Э1
	2	Параллельный алгоритм циклической редукции для ленточных систем линейных уравнений.	4	О3; Э2

3	1	Решение систем уравнений химической кинетики с адвекцией и диффузией в системе SUNDIALS	4	Э1
	2	Решение нелинейного эллиптического уравнения в частных производных в системе PetSc	4	Э2
Итого:			24	

5. Текущая и промежуточная аттестация

Текущая и промежуточная аттестация аспирантов является обязательной и проводится в соответствии с локальным актом ИДГ РАН - Положением о текущей, промежуточной и государственной итоговой аттестации аспирантов ИДГ РАН по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре и фондом оценочных средств (ФОС).

Текущая аттестация по дисциплине проводится в форме опроса (собеседования) в рамках участия обучающихся в дискуссиях и различных контрольных мероприятиях по оцениванию фактических результатов обучения, осуществляемых преподавателем, ведущим дисциплину.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина - активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость занятий;
- степень усвоения теоретических знаний и уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы, проводимых в рамках семинаров, практических занятий и самостоятельной работы.

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется в форме выступления обучающегося по разделам дисциплины на геофизическом семинаре ИДГ РАН и/или в виде зачета в период зачетно-экзаменационной сессии в соответствии с Графиком учебного процесса по приказу (распоряжению заместителю директора по научной работе). Обучающийся допускается к зачету в случае выполнения аспирантом всех учебных заданий и мероприятий, предусмотренных настоящей программой. В случае наличия учебной задолженности (пропущенных занятий и (или) невыполненных заданий) аспирант отрабатывает пропущенные занятия и выполняет задания.

Оценивание обучающегося на промежуточной аттестации осуществляется на зачете – зачтено (не зачтено).

Оценивание аспиранта на промежуточной аттестации в форме зачета

Таблица 5

Оценка зачета	Требования к знаниям и критерии выставления оценок
<i>Зачтено</i>	Аспирант при ответе демонстрирует содержание тем учебной дисциплины, владеет методами взвешенных невязок, знает особенности численных методов, знает способы контроля сходимости и устойчивости решения. Информирован и способен делать анализ проблем и намечать пути их решения.
<i>не зачтено</i>	Аспирант при ответе демонстрирует плохое знание значительной части основного материала в области численного моделирования Не информирован или слабо разбирается в проблемах, и или не в состоянии наметить пути их решения.

6. Образовательные технологии

Обучение по дисциплине ведется с применением традиционных технологий по видам работ (лекционные занятия, научно-практические занятия, семинарские занятия, текущий контроль) по расписанию с использованием электронных учебных, методических и контролирующих пособий.

При изложении лекционного материала используются мультимедийные иллюстративные материалы, на практических занятиях проводится демонстрация работы с компьютерными моделями, а также применяются инновационные способы преподавания: метод активных лекций (лекция-гипотеза, лекция-консультация, лекция-дискуссия); метод учебного проектирования и др.

Самостоятельная работа по дисциплине включает самоподготовку к учебным занятиям по учебной литературе и с помощью электронных ресурсов. Индивидуальная работа аспирантов проходит в библиотеке ИДГ РАН, МФТИ, ИФЗ РАН и других библиотеках.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература:

Таблица 6

№ п/п	Автор	Наименование	Издательство	Год издания*
О1	К. Флетчер	Численные методы на основе метода Галеркина	-М.: Мир	1988
О2	Дж. Голуб, Ч. Ван Лоун	Матричные вычисления	М.: Мир	1999
О3	А.А. Самарский, Е.С. Николаев	Методы решения сеточных уравнений.	М.: Наука	1978

7.2. Дополнительная литература:

Таблица 7

№ п/п	Автор	Наименование	Издательство	Год издания
Д1	А.А. Самарский, П.Н. Вабищевич	Вычислительная теплопередача	М.: УРСС	2003
Д2	Т. Павловская	С/С++ Процедурное и объектно-ориентированное программирование	Питер	2003
Д3	В.Д. Корнеев	Параллельное программирование в MPI	Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований	2003
Д4	А.С. Антонов	Параллельное программирование с использованием технологии MPI	М.: МГУ	2004

7.3. Электронные (образовательные, информационные, справочные, нормативные и т.п.) ресурсы:

Профессиональные базы данных:

Э1. Документация по пакету SUNDIALS для решения систем уравнений в частных производных. <https://computation.llnl.gov/casc/sundials/documentation/documentation.html>

Э2. Документация по пакету PETSc для решения систем уравнений в частных производных. <https://www.mcs.anl.gov/petsc/documentation/index.html>

Э3. Документация по пакету OpenFOAM для численного решения уравнений газовой динамики <http://www.openfoam.com/documentation/>

Общие ресурсы:

- научная библиотека eLIBRARY.RU, более 20 полнотекстовых версий журналов по тематике курса;
- хранилище электронных копий всех издаваемых компанией Springer журналов <http://www.springerlink.com/>;
- электронная библиотека Физтеха <http://lib.mipt.ru/>
- федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru>
- библиотека по естественным наукам Российской академии наук <http://benran.ru>

Дополнительные средства обеспечения освоения дисциплины


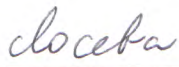
- Электронные версии основной и дополнительной литературы; комплект тестов для проведения текущей аттестации.
- Пакеты программ SUNDIALS, PetSc, OpenFOAM на CD-ROM.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

- Кабинет (рабочее место аспиранта) с компьютером и периферийными устройствами для выполнения исследовательских лабораторных и расчетно-исследовательских работ, а также прохождения компьютерных тестов.
- Студенческая аудитория.
- Кабинеты профильных лабораторий
- Конференц-зал Института, оснащенный мультимедийным оборудованием
- Мультимедийное оборудование. Компьютеры ИДГ РАН.
- Свободное программное обеспечение LibreOffice, gnuplot, GCC, Linux

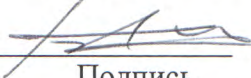
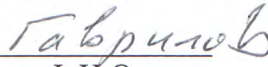
Разработчики:

Т.В.Лосева, кандидат физикл-математических наук,
ведущий научный сотрудник лаборатории «Математическое моделирование
геофизических процессов» ИДГ РАН

«16» 09 2014 г.  
Подпись Ф.И.О.

Рецензенты:

Б.Г. Гаврилов, доктор физико-математических наук,
заведующий лабораторией «Литосферно-ионосферные связи» ИДГ РАН

«17» 09 2014 г.  
Подпись Ф.И.О.

Программа «Современные методы решения уравнений в частных производных» рассмотрена и утверждена Ученым советом ИДГ РАН (Протокол № 3а/14 от 18.09.2014 г.).